

7. SOLOS AFETADOS POR SAIS

José Ribamar Pereira¹

Os solos afetados por sais, normalmente, ocorrem nas regiões áridas e semi-áridas e constituem-se em fator limitante da produção agrícola. Em condições naturais, a acumulação de sais no solo é o resultado de altas taxas de evaporação, baixa precipitação pluviométrica, de características do solo, da rocha subjacente e das condições geomorfológica e hidrogeológica locais (Whitmore, 1975). Estes solos contêm sais solúveis e/ou sódio trocável que podem reduzir significativamente o desenvolvimento e, conseqüentemente, a produtividade das culturas (Kelley, 1951; Black, 1968; Kovda, 1973).

A classificação dos solos afetados por sais é baseada no pH, condutividade elétrica do extrato de saturação (CEe) e na porcentagem de sódio trocável (PST), conforme Tabela 7.1.

Tabela 7.1. Critérios e Limites para Classificação de Solos Normais, Salinos, Sódicos e Salino-Sódicos

Critérios	Tipos de solos			
	Normal	Salino	Sódico	Salino-sódico
CE(dS m ⁻¹ 25 °C) ¹	< 4	> 4	< 4	> 4
PST (%) ²	< 15	< 5	> 15	> 15
RAS ³	< 13	< 13	> 13	> 13
pH	<8,5	<8,5	>8,5	>8,5

¹ CE = condutividade elétrica da pasta de saturação

² PST = Percentual de Sódio Trocável

³ RAS= Relação de Adsorção de Sódio $RAS = Na / (Ca + Mg)^{1/2}$

Fonte: Richard (1969)

O solo é considerado salino quando tem pH <8,5; CEe > 4,0 dS m⁻¹ e PST < 15%. O salino sódico tem pH > 8,5; CEe > 4,0 dS m⁻¹ e PST > 15%; e sódico quando tem pH > 8,5; CEe < 4,0 dS m⁻¹ e PST > 15%. Esta classificação é baseada em práticas de manejo e comportamento das culturas nestes solos.

Nas áreas sob irrigação, outros fatores estão envolvidos favorecendo o processo de salinização dos solos como a água usada na irrigação, práticas de manejo que não levam em consideração a manutenção da capacidade produtiva dos solos, uso indiscriminado e excessivo de fertilizantes, características químicas e físicas do solo e ausência de um eficiente sistema de drenagem (Hayward & Wadleigh, 1949; Lierly & Longenecker, 1962; McNeal, 1976).

Toda água de irrigação contém sais dissolvidos, em maior ou menor concentração, que, dependendo das condições podem acumular no solo e, com o tempo atingir níveis prejudiciais às plantas. O aumento dos teores de sais e sódio trocável em um solo irrigado é devido a uma drenagem deficiente ou ao uso de água com alta concentração de sais, ou ambos. Desde que um solo tenha uma drenagem interna boa, qualquer aumento no teor de sais solúveis e sódio trocável é atribuído à presença desses na água de irrigação.

¹ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador da EMBRAPA/CPATSA

As águas usadas na irrigação são de diferentes origens e apresentam condutividade elétrica (CE) que varia de 0,08 a 5,5 dS m⁻¹ (50 a 3500 ppm de sais) e relação de adsorção de sódio (RAS) até mais de 30. Tomando como base a CE e a RAS as águas podem ser classificadas como de baixa (C₁), média (C₂), alta (C₃) e muito alta salinidade (C₄) e de baixo (S₁), médio (S₂), alto (S₃) e muito alto perigo de sódio (S₄), em todas as combinações possíveis, conforme mostra a Figura 7.1, abrangendo desde água que pode ser usada sem restrições, até água que não é apropriada para irrigação, em condições ordinárias (Wilcox et al., 1954).

Nas áreas irrigadas, é comum o aparecimento de problemas de salinidade provocados pela água de irrigação contendo concentrações elevadas de sais ou decorrentes de práticas inadequadas do manejo do solo e da água. A ausência de um eficiente sistema de drenagem e uso excessivo de fertilizantes, também, são fatores envolvidos diretamente no processo de salinização (Hayward & Wadleigh, 1949; Lyerly & Longenecker, 1962; McNeal, 1976).

7.1. Tolerância das Culturas à Salinidade

Os efeitos adversos da salinidade sobre as plantas são devidos, principalmente, ao aumento do potencial osmótico da solução do solo e à toxidez resultante da concentração salina e do efeito específico de íons (Hayward & Wadleigh, 1949). Em solos sódicos o efeito é mais sobre as características físicas do solo, devido à dispersão das coloides, diminuindo a aeração e o movimento de água e, conseqüentemente, o desenvolvimento das raízes, além do efeito tóxico do sódico (Black, 1968).

Há um limite crítico de salinidade no qual as plantas deixam de crescer. Entretanto, antes que isto aconteça, o crescimento e o rendimento diminuem, progressivamente, com o aumento da salinidade. Com relação aos sintomas, de maneira geral, surge, inicialmente, clorose nas bordas das folhas que evolui para necrose, podendo levar a planta à morte. Outros sintomas observados são diminuição do crescimento e folhas e frutos pequenos.

As plantas se comportam diferentemente em relação à salinidade. Algumas culturas podem tolerar concentrações relativamente elevadas de sais, outras são extremamente sensíveis. A tolerância varia não só com a concentração salina, mas, também, com práticas de manejo, clima e natureza e proporções relativas dos diversos íons na solução do solo (Richards, 1969; Fuller, 1967). Estes autores informam que, para condutividade elétrica (CEe) até 2,0 dS m⁻¹, normalmente, não se observa nenhum efeito, a não ser em condições muito desfavoráveis; entre 2,0 e 4,0 dS m⁻¹ a produtividade de culturas relativamente não tolerantes como feijão, aipo, citros, abacate, já é afetada; acrescenta-se, ainda, a essa relação banana, goiaba e manga. Entre 4,0 e 8,0 dS m⁻¹, os rendimentos de muitas culturas como sorgo granífero, milho, mamona, soja, melão, uva são reduzidos; entre 8,0 e 12,0 dS m⁻¹, somente culturas consideradas tolerantes produzem satisfatoriamente como algodão, arroz, alface, beterraba de mesa, espinafre e figo. A Tabela 7.2. mostra uma relação de culturas e o percentual de redução da produtividade em função da salinidade do solo e da água (Ayers & Westcot, 1985).

Tabela 7.2. Efeito da salinidade do solo (CEe) e da água (CEa), em dS m⁻¹, sobre a redução da produtividade de algumas culturas

Culturas	Redução da produção (%)							
	0		10		25		50	
	CEe	CEa	CEe	CEa	CEe	CEa	CEe	Cea
Extensivas								
Algodão	7,7	5,1	9,6	6,4	13,0	8,3	17,0	12,0
Sorgo	4,0	2,7	5,1	3,4	7,2	4,8	11,0	7,2
Soja	5,0	3,3	5,5	3,7	6,2	4,2	7,5	5,5
Caupi	1,3	0,9	2,0	1,3	3,1	2,1	4,9	3,2
Arroz	3,3	2,2	3,8	2,6	5,1	3,4	7,2	4,8
Amendoim	3,2	2,1	3,5	2,4	4,1	2,7	4,9	3,3
Cana-de-Açúcar	1,7	1,1	3,4	2,3	5,9	4,0	10,0	6,8
Milho	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9
Feijão	1,0	0,7	1,5	1,0	2,3	1,5	3,6	2,4
Hortaliças								
Beterraba	4,0	2,7	5,1	3,4	6,8	4,5	9,6	6,4
Brócolis	2,8	1,9	3,9	2,6	5,5	3,7	8,2	5,5
Tomateiro	2,5	1,7	3,5	2,3	5,0	3,4	7,6	5,0
Pepino	2,5	1,7	3,3	2,2	4,4	2,9	6,3	4,2
Aipo	1,8	1,2	3,4	2,3	5,8	3,9	9,9	6,6
Espinafre	2,0	1,3	3,3	2,2	5,3	3,5	8,6	5,7
Repolho	1,8	1,2	2,8	1,9	4,4	2,9	7,0	4,6
Batata	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9
Batata-doce	1,5	1,0	2,4	1,6	3,8	2,5	6,0	4,0
Pimentão	1,5	1,0	2,2	1,5	3,3	2,2	5,1	3,4
Alface	1,3	0,9	2,1	1,4	3,2	2,1	5,2	3,4
Rabanete	1,2	0,8	2,0	1,3	3,1	2,1	5,0	3,4
Abóbora	2,5	1,7	3,3	2,2	4,4	2,9	6,3	4,2
Melão	2,2	1,5	3,6	2,4	5,7	3,8	9,1	6,1
Cebola	1,0	0,7	1,7	1,1	2,8	1,9	4,6	3,1
Cenoura	1,2	0,8	1,8	1,2	2,8	1,8	4,3	2,9
Feijão-vagem	1,0	0,7	1,5	1,0	2,3	1,5	3,6	2,4
Fruteiras								
Citros	1,7	1,1	2,3	1,6	3,3	2,2	4,8	3,2
Tamareira	2,7	1,8	3,8	2,6	5,5	3,7	8,4	5,6
Videira	1,5	1,0	2,5	1,7	4,1	2,7	6,7	4,5
Morangueiro	1,0	0,7	1,3	0,9	1,8	1,2	2,5	1,7
Abacateiro	1,3	0,9	1,8	1,2	2,5	1,7	3,7	2,4

Fonte: Ayers & Westcot (1985)

7.2. Recuperação de Solos Afetados por Sais

O uso de irrigação em regiões áridas e semi-áridas requer atenção especial, a fim de que problemas de salinidade e sodicidade não venham ocorrer. Práticas apropriadas de manejo que visem evitar a acumulação de sais e de sódio trocável ou mesmo a recuperação de solos afetados por sais e sódio, devem levar em consideração o solo, a água e a cultura, em um programa integrado (Fuller, 1967; Black, 1968). Qualidade e quantidade de água, frequência de irrigação, permeabilidade do solo, sistema de drenagem, preparo do solo, incorporação de resíduos orgânicos, uso de fertilizantes e manejo da cultura, são fatores a serem considerados, tanto no manejo de solos normais, sob condições de irrigação, como na recuperação de solos afetados por sais e sódio (Fuller, 1979).

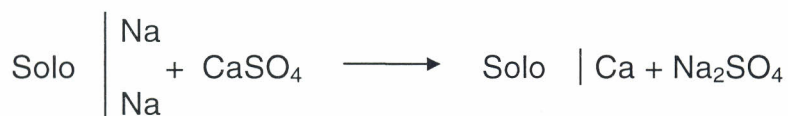
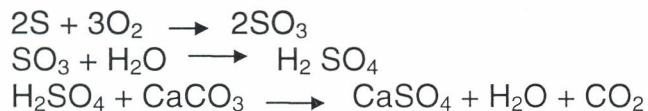
De acordo com Richards (1969), a salinidade pode ser controlada se a qualidade da água de irrigação for satisfatória e se o aporte de água ao solo puder ser controlado, em função das características hidrológicas do solo. Tanto para evitar a acumulação de sais na zona radicular como para removê-los do solo, torna-se necessária a existência, na área, de um eficiente sistema de drenagem.

A recuperação de solo sódico ou salino sódico consiste na aplicação de gesso ou enxofre se o solo for calcário. De uma maneira geral, as reações que ocorrem no solo são as seguintes:

1. Utilizando gesso como corretivo:



2. Utilizando enxofre como corretivo:



No solo, o íon Ca^{++} desloca o íon Na^+ dos colóides formando Na_2SO_4 que é levado pela água para baixo e, finalmente, para os drenos. Para recuperação de solos, tanto salino como sódico e salino sódico, é necessário que a área disponha de um sistema de drenagem em funcionamento, capaz de receber todo o excesso de água adicionado ao solo, quer seja para fins de irrigação ou para eliminação do excesso de sais solúveis.

A quantidade do corretivo é calculada em função do sódio trocável (Tabela 7.3.) ou da "necessidade de gesso", determinada diretamente no solo (Richards, 1969). A recuperação de solo sódico é uma prática difícil e onerosa, que exige conhecimento das condições locais, das características do solo e do corretivo e da água a serem usadas, a fim de propiciar a remoção dos sais que vão se formar, como consequência das reações do corretivo no solo.

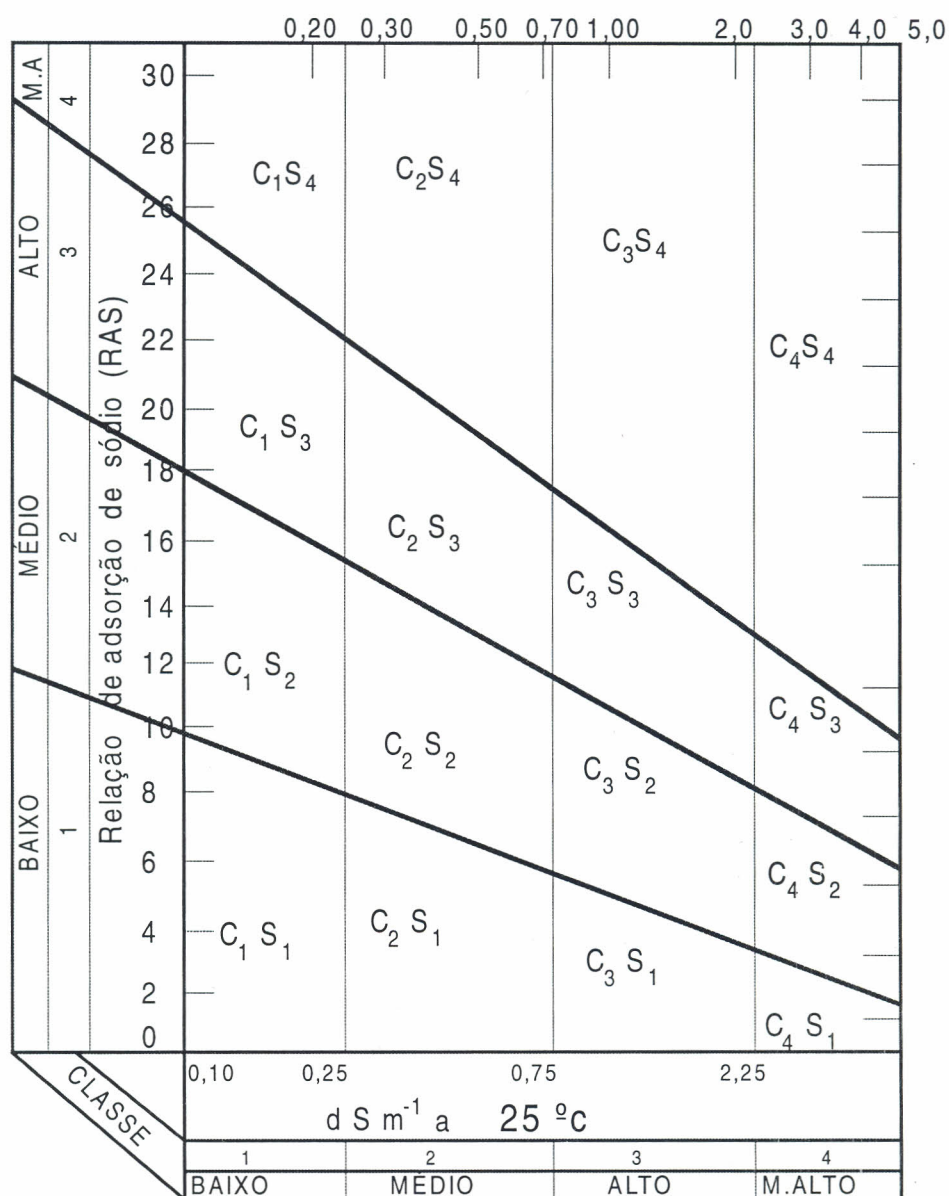
Tabela 7.3. Quantidades de gesso e enxofre necessárias para substituir o sódio trocável do solo

Na ⁺ cmol _c dm ⁻³	Gesso		Enxofre	
	0,15 m	0,30 m	0,15 m	0,30 m
----- t ha ⁻¹ -----				
1	2,1	4,2	0,38	0,77
2	4,2	8,4	0,77	1,54
3	6,3	12,6	1,16	2,33
4	8,4	16,8	1,55	3,10
5	10,5	21,0	1,94	3,88
6	12,6	25,2	2,33	4,66
7	14,7	29,4	2,71	5,43
8	16,8	33,6	3,10	6,21
9	18,9	37,8	3,49	6,99
10	21,0	42,0	3,88	7,77

Fonte: Richards (1969)

Nas regiões subúmidas e úmidas onde a irrigação é feita de forma complementar à água das chuvas e, ainda, devido às características dos solos, não há condições que favoreçam a acumulação de sais ou sódio no solo.

No Estado de Pernambuco, de acordo com um trabalho de revisão realizado por Pereira (1983), baseado no levantamento de solo, existe uma área de 7.819 km² de solos afetados por sais e sódio, correspondendo a 8% da área total do Estado.



PERIGO DE SALINIZAÇÃO

Figura 7.1 Diagrama para classificação de águas para irrigação
Fonte: (Wilcox et al. 1954)

Referências Bibliográficas

- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Water quality for agriculture**. Roma: FAO, 1976. 95 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 29).
- BLACK, C.A. **Soil plant relationship**. New York: John Wiley & Sons. 1968. 790p.
- FULLER, W.H. Management of saline soils. **Outlook on Agriculture**. Elmsford, v.10, p.13-20, 1979.
- FULLER, W.H. **Water, soil and crop management, principles for the control of salts**. Tucson: University of Arizona. 1967. 21p. (University of Arizona. Bulletin, A-23).
- HAYWARD, H.E.; WADLEIGH, C.H. Plant growth on saline and alkali soils. **Advances in Agronomy**, New York, v.1, p.1-38, 1949.
- KELLEY, W.P. **Alkali soils; their formation, properties and reclamation**. New York: Reinhold, 1951. 234p. (ACS Monograph, 111).
- KOVDA, V.A. Soil in relation to salinity irrigation and drainage. In: Kovda, V.A. **Irrigation drainage and salinity**, Paris: FAO/UNESCO, p.55-79, 1973.
- LYERLY, P.J.; LONGENECKER, D.E. **Salinity control in irrigation agriculture**. Texas: Agricultural Experimental Station, 1962. 19p. (Texas Agricultural Experimental Station Bull., 876).
- McNEAL, B.L. Managing salt-affected soil. **Crops and Soils Magazine**, Madison, v.12, p.12-13, 1976.
- PEREIRA, J.R. Solos salinos e sódicos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 15 e SIMPÓSIO SOBRE ACIDEZ E CALAGEM NO BRASIL, Campinas, SP, 1983. **Anais**. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.127-143, 1983.
- RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: USDA, 1969. 160p. (USDA. Agriculture Handbook, 60).
- WHITMORE, J. **Salinity and sodic soils**. s.l., s.ed. 1975. 7p.